

Al-Spezies in der Bodenlösung von Kleimarschen

Jan-Hendrik Richter⁽¹⁾ & Luise Giani⁽¹⁾

Zusammenfassung

Ungewöhnlich hohe Al-Konzentrationen von 12 mg l^{-1} in der Bodenlösung bei pH-Werten von 5 führte zur näheren Untersuchung der Al-Dynamik in Kleimarschen. Die Ergebnisse bestätigen den Anfangsbefund mit hohen Al-Anteilen in der Bodenlösung (bis 32 %) und geringen austauschbaren Al-Anteilen (0,1-2,4 %). Die sequentielle Al-Untersuchung mit verschiedenen Vorbehandlungen, Lösungen und Extraktionen hat ergeben, dass messtechnisch nicht nur freies Al erfasst wird, sondern auch an organische oder mineralorganische Kolloide gebundenes Al. Eine Assoziation des Al an amorphen Oxidformen kann hingegen ausgeschlossen werden.

Schlüsselworte: Al-Spezies, Bodenlösung, Kleimarsch

Einleitung

Bei Routineuntersuchungen an einer Kleimarsch wurden in der Bodenlösung Al-Konzentrationen von 12 mg l^{-1} und mehr bei pH-Werten von 5,0 und höher gemessen. Die Ergebnisse widersprechen der gängigen Lehrmeinung über das chemische Verhalten des Aluminiums, nach der das Aluminium erst ab pH-Werten $< 5,0$ zunehmend löslich wird (Abb. 1) und dann als Hexahydrat $\text{Al}^{3+}(\text{H}_2\text{O})_6$ phytotoxisch wirkt (Scheffer/Schachtschabel, 2002). Gleichzeitig waren die prozentualen austauschbaren Al-Anteile geringer als die der

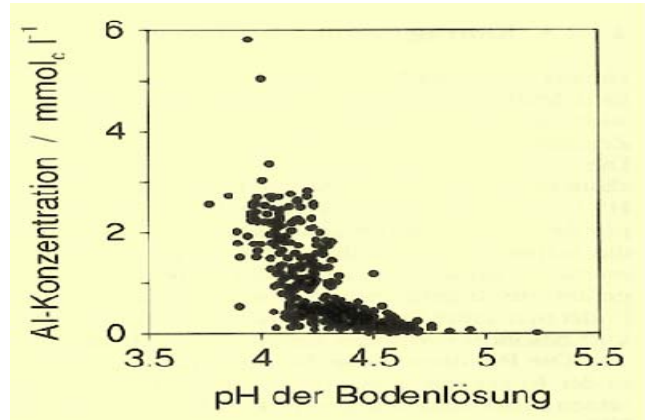


Abb. 1: Beziehung zwischen dem pH und der Al-Konzentration der Bodenlösung (Scheffer/Schachtschabel, 2002)

GBL, was aufgrund der Eintauschstärke des Aluminiums ebenfalls nicht erwartet wurde. Um eine Klärung dieser Aluminium-Dynamik zu erreichen, wurde eine sequentielle Aluminium-Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden.

Material & Methoden

Es wurden mehrere Kleimarschen bei Berne (Lk. Wesermarsch) vergleichend hinsichtlich ihrer Al-Dynamik untersucht. Für die Analytik wurden Standard-Methoden nach Schlichting et al. (1995) angewendet.

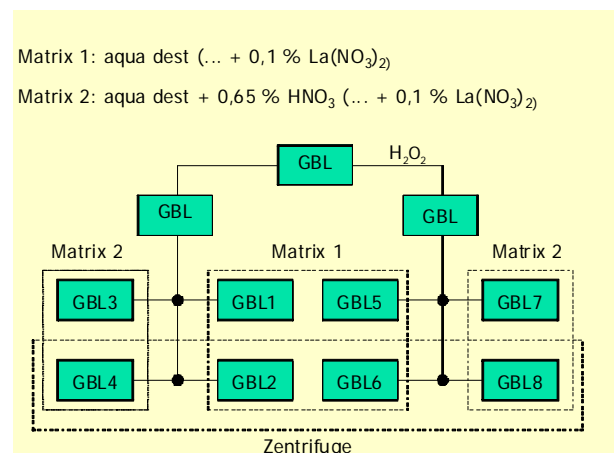


Abb.2: Verlaufsschema der sequentiellen Al-Analytik

Die sequentielle Al-Untersuchung erfolgte in 3 Parallelen (Messreihen 1-3) entsprechend des Verlaufsschemas (Abb. 2). Eine (Messreihe 2) wurde zuvor mit „ein paar Krumen“ Boden versetzt. Die Ansäuerung

⁽¹⁾Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, C.v.O-Universität, Postfach 2503, D-26111 Oldenburg

der GBL erfolgte mit 0,1% HNO_3 , die Zerstörung der organischen Substanz durch H_2O_2 -Behandlung. Die Zentrifugationen erfolgten bei 19719 m s^{-2} .

Vorgehensweise:

GBL1: Matrix 1 → → → Messung
 GBL2: Matrix 1 → → Zentrifuge → Messung
 GBL3: Matrix 2 → → → Messung
 GBL4: Matrix 2 → → Zentrifuge → Messung
 GBL5: Matrix 1 → H_2O_2 → → Messung
 GBL6: Matrix 1 → H_2O_2 → Zentrifuge → Messung
 GBL7: Matrix 2 → H_2O_2 → → Messung
 GBL8: Matrix 2 → H_2O_2 → Zentrifuge → Messung

Ergebnisse und Diskussion

Wie in der Routineuntersuchung wurden auch in den hier untersuchten Kleimarschen in der Regel pH-Werte um 5 und darüber gemessen (Abb. 3).

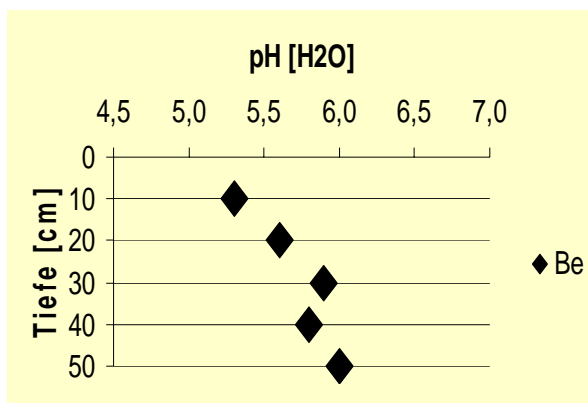


Abb. 3: Exemplarische Tiefenfunktion des pH (aktuell) einer Kleimarsch

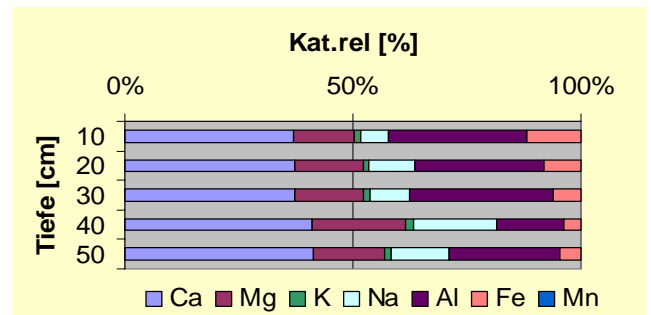


Abb. 4: Exemplarische prozentuale Zusammensetzung der Kationen in der Bodenlösung (bei Feldkapazität) einer Kleimarsch

Bei pH-Werten über 5 (Abb. 3) sind nennenswerte Al-Anteile (bis zu 32 %) in der Bodenlösung vorhanden (Abb. 4); Besonders hohe Al-Gehalte wurden in den humosen Horizonten festgestellt. Gleichzeitig betragen die austauschbaren Al-Anteile 0,1-2,4 % (Abb.5), eine ungewöhnlich geringe Al-Belegung bei der gemessenen Al-Konzentration der GBL und der bekannten Eintauschstärke dieses Elements.

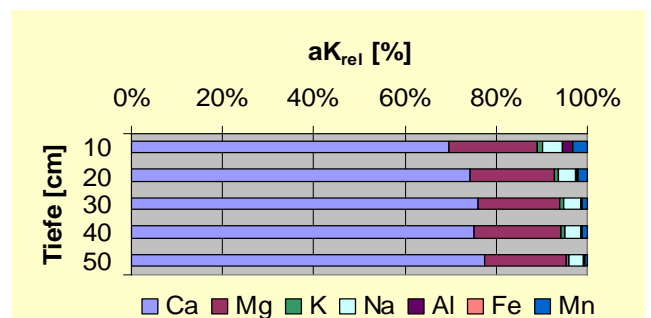


Abb. 5: Exemplarische prozentuale Zusammensetzung der austauschbaren Kationen einer Kleimarsch

Die Messreihe 2 (mit Boden versetzt) ist grundsätzlich durch höhere Al- (und Fe)-Gehalte gekennzeichnet (Abb. 6a, b). Eine Zerstörung der organischen Substanz ergibt keine Auswirkung auf die gemessenen Al- (und Fe)-Konzentrationen (vergl. Abb. 6a oben und mittig). Das Zentrifugieren der Bodenlösung ergibt bezüglich Matrix 1 keinen Effekt (vergl. Abb. 6a oben, 6b oben), tendenziell zeigen sich verringerte Al- und Fe-Gehalte nach Zentrifugation bei dem H_2O_2 -behandelten Ansatz (vergl. Abb. 6a mittig u. 6b mittig). Nach HNO_3 -Behandlung sinken die Al- und

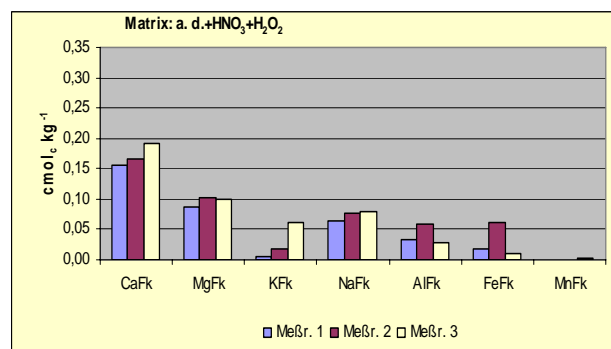
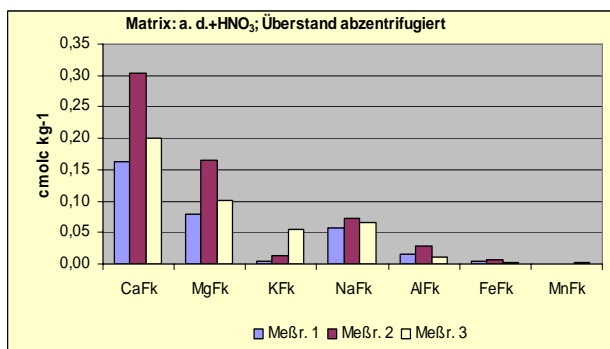
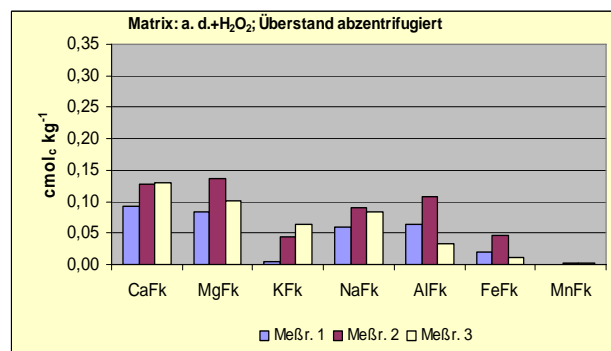
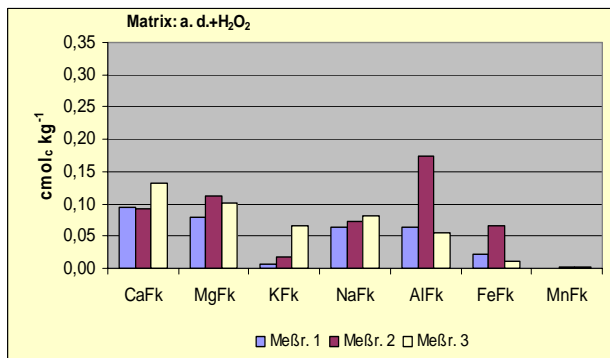
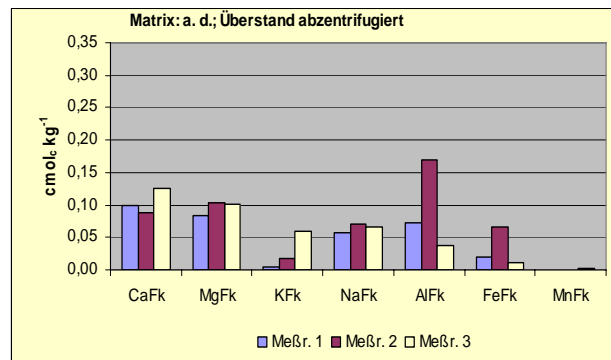
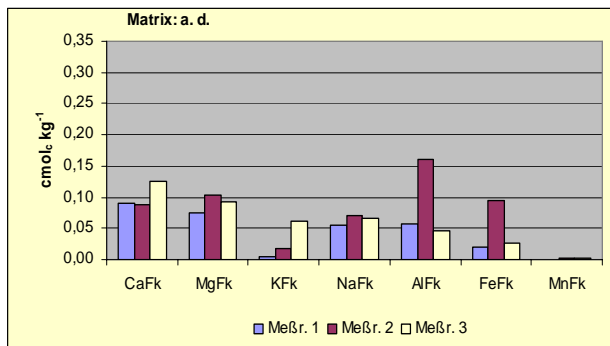


Abb. 6a: Konzentrationen der Elemente der GBL 1, der GBL 5 und der GBL 7

Fe-Anteile in der Bodenlösung (Abb. 6a unten), bei zusätzlicher Zentrifugation sind noch geringere Gehalte messbar (Abb. 6b unten), umgekehrt steigen die Ca- und Mg-Gehalte an.

Durch die HNO₃-Behandlung werden die variablen Ladungen der organischen Substanz protonisiert, und die austauschbaren Ca- und Mg-Ionen gehen in die Bodenlösung. Die Tatsache, dass gleichzeitig keine Al- und Fe-Ionen in die Bodenlösung gehen, zeigt, dass sie nicht dem unspezifischen Austausch unterliegen. Entsprechend kommt es grundsätzlich auch nicht zu einer verstärkten Al-Belegung an den Austauschern. Al und Fe sind eher durch Komplexbildung mit der organischen

Abb. 6b: Konzentrationen der Elemente der GBL 2, der GBL 6 und der GBL 8

Substanz bzw. mit mineral-organischen Kolloiden assoziiert, die in Folge der Ansäuerung ausflocken. Durch diesen Übergang vom Suspensions- in den Solzustand entziehen sich Al und Fe einer Messung. Dieser Prozess wird durch die Zentrifugation verstärkt.

Messtechnisch wird also ohne HNO₃-Behandlung nicht nur freies Al erfasst, sondern auch an organische und/oder mineral-organische Kolloide gebundenes Al. Eine Assoziation des Al in amorpher Oxidform kann ausgeschlossen werden, da sonst nach Ansäuern ein Anstieg der Al-Konzentration in der GBL gemessen worden wäre.

Um nur die am unspezifischen Kationenaustausch beteiligten Al-Ionen zu erfassen, wird für die Marschböden eine An-

säuerung und anschließende Zentrifugation vorgeschlagen.

Literatur

SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl. Stuttgart. Schlichting, E., H.-P. Blume & K. Stahr (1995): Bodenkundliches Praktikum. Pareys Studentexte, Blackwell, 2. Aufl., Berlin.